Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Adolf Kröncke)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Untersuchungen über den Querschnitt der Wurzelkanäle mittlerer und seitlicher oberer Schneidezähne

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
WERNER BÜHLEN
aus Gersthofen

1964

7953

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Adolf Kröncke)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Untersuchungen über den Querschnitt der Wurzelkanäle mittlerer und seitlicher oberer Schneidezähne

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
WERNER BÜHLEN
aus Gersthofen

1964

Dekan: Prof. Dr. H. HARMS
Referent: Prof. Dr. A. KRÖNCKE
Korreferent: Prof. Dr. Dr. E. FRÖHLICH

Fotodruck PRÄZIS • Tübingen

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547601_0070

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einleitung und Problemstellung	1
Literaturübersicht	2
Versuchsmaterial und Methodik	5
Ergebnisse	13
Diskussion der Ergebnisse	21
Zusammenfassung	24
Literaturverzeichnis	26

Lebenslauf

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Kann die Pulpa eines Zahnes nicht mehr lebend erhalten werden, so kommt eine Wurzelkanalbehandlung in Betracht. Das heißt: der Wurzelkanal muß von den Weichgewebsresten befreit, gesäubert, aufbereitet und schließlich mit einem biologisch zuträglichen Material gefüllt werden. Auch ohne nähere Kenntnis der Problematik ist es verständlich, daß das Gelingen einer solchen Behandlung mit dem Ziel der Zahnerhaltung nicht nur eine Frage technisch-manueller Bewältigung ist. Verlauf und Erfolg einer Behandlung hängen entscheidend auch von der feineren Anatomie des Wurzelkanalsystems ab.

Dieser Fragenkomplex ist bisher vielfach untersucht worden (vgl. Literaturübersicht), jedoch bezogen sich diese Studien vorwiegend auf die Darstellung und zahlenmäßige Erfassung von Ramifikationen, Markkanälen und Divertikeln. Dagegen schien es uns notwendig zu sein, sich einmal den Querschnitt von Wurzelkanälen im Verlauf der Wurzel genauer zu betrachten. Wir erwarten von derartigen Untersuchungen Aufschlüsse über folgende, für die praktische Wurzelkanalbehandlung wichtigen Fragen:

1. Mit welchen Formen des Wurzelkanalquerschnitts haben wir in bestimmten Wurzelabschnitten zu rechnen ?
2. Welche Kanaldurchmesser findet man in diesen Wurzelabschnitten und welche Größe eines bestimmten Aufbereitungsinstruments bietet die Gewähr einer vollständigen Erfassung des Kanaldurchmessers in den einzelnen Abschnitten ?
3. Wie verhalten sich die in der Querschnittsmeßtechnik nach MAYER (14) bei Vitalexstirpationen verwendeten Querschnitssbohrer in ihrem Durchmesser zu dem der Wurzelkanäle ?
4. Kann die bei der Querschnittsmeßtechnik für mittlere und seitliche obere Schneidezähne angenommene Sicherheitstiefe von 20 bzw. 18 mm ohne Bedenken beibehalten werden ?
5. Gibt es schließlich irgendwelche Anhaltspunkte für eine Beziehung zwischen Länge bzw. Breite der Zahnkrone und der Wurzellänge, die ein Abschätzen letzterer ohne Röntgenkontrollaufnahme ermöglicht ?

II. LITERATURÜBERSICHT

In der Literatur findet man bereits von BLACK (3) Angaben über Gesamtlänge, Wurzel- und Kronenlänge mittlerer und seitlicher oberer Schneidezähne. Er gibt jedoch wie MÜHLREITER (17) und DE JONGE (12) nur Mittelwerte an. BLACK (3) weist außerdem darauf hin, daß die Wurzellänge etwa das 1 1/4 bis 1 1/2fache der Kronenlänge beträgt. Nach ADLOFF (1) übertrifft die Länge der Wurzel die Kronenlänge um durchschnittlich 2 bis 3 mm.

BLACK (3), HATTYASY (10) und HESS (11) sehen in der Querschnittsform des Wurzelkanals das Bild des Wurzelquerschnitts - nur eben in verkleinertem Maßstab. MÜNCH (18), BOLK (4) und DE JONGE (12) beschreiben die Form des Wurzelkanalquerschnitts oberer Schneidezähne als rundlich. WALKHOFF-HESS (22) und D. GREEN (7) bezeichnen die Form des Kanalquerschnitts in Höhe des Zahnhalses bei mittleren oberen Incisivi als oval und dem Apex zu als rund. Wurzelkanäle seitlicher oberer Schneidezähne variieren nach WALKHOFF-HESS (22) entsprechend der äußeren Wurzelform häufiger. Nach D. GREEN (7) entsprechen die Wurzelkanal-Querschnittsformen der seitlichen oberen Incisivi, abgesehen von ihrer geringeren Größe, denen der mittleren Incisivi. WHEELER (23) bezeichnet das Querschnittsbild des Wurzelkanals oberer Incisivi als rund bis halbmondförmig. MUMMERY (19) beschreibt es in Höhe des Zahnhalses als Dreieck mit abgerundeten Ecken und gegen den Apex zu als nahezu rund. G. FISCHER (5) bemerkt, daß seitliche obere Schneidezähne häufig einen zierlichen, seitlich komprimierten Wurzelraum enthalten können. Müller (16) untersuchte u. a. 244 extrahierte mittlere und 124 seitliche obere Schneidezähne. Er fertigte dazu Röntgenaufnahmen aus mesiodistaler und labiopalatinaler Richtung an. Für die Wurzelkanalquerschnitte mittlerer Incisivi fand er Prozentsätze von 97,5 % nahezu runder und von 2,5 % in mesiodistaler Richtung leicht abgeflachter Formen. Bei den seitlichen oberen Schneidezähnen erschienen ihm 98,4 % der Kanäle als rund und 1,6 % als in ihrer gesamten Länge oval.

Genauere Bilder über die Form des Wurzelkanals vermittelten Metallkorrosionspräparate von PREISWERK (20), Zelluloidausgüsse von FISCHER (6) und Metallausgüsse von ADLOFF (1). Abgesehen von speziellen Betrachtungen über die Ramifikationen enthielten diese Arbeiten jedoch keine genauere Beschreibung oder Vermessung des Wurzelkanalquerschnitts.

Weitere umfangreiche Untersuchungen durch HESS (11), MEYER und SCHEELE (15), D. GREEN (8), BARTHE (2) und TZOUMARIS (21) bezogen sich ebenfalls hauptsächlich auf die Apikalregion der Wurzel mit ihren anatomischen Besonderheiten.

Mit dem Vermessen des Wurzelkanales begann BLACK (3). Er fand für den Kanaldurchmesser in Höhe des Zahnfleischsaumes Werte, die bei Zähnen Jugendlicher 1/4 bis 1/3, bei Zähnen Erwachsener 1/5 bis 1/10 des Wurzeldurchmessers in derselben Höhe ausmachen. MÜLLER (16) befaßte sich ebenfalls mit Messungen, die er am kronennahen Wurzelkanaldrittel mithilfe seiner oben erwähnten Röntgenaufnahmen anstellte. Er hielt jedoch lediglich den absolut größten und kleinsten gefundenen Wert der Durchmesser im kronennahen Kanaldrittel fest.

D. GREEN (8) maß den Durchmesser des Foramen apicale und teilte dessen Querschnittsbilder in verschiedene Grundformen ein. KUTTLER (13) bestimmte die Durchmesser der Kanalquerschnitte an der Dentin-Zement-Grenze und am Foramen selbst, um u.a. Zusammenhänge zwischen den ermittelten Werten und dem Alter der betreffenden Zähne zu finden.

E. GREEN (9) schließlich unternahm Messungen an Wurzelkanalquerschnitten in Abständen von 1/2 bis 1 mm und 5 - 6 mm vom Foramen apicale. Die erhaltenen Meßwerte der jeweils großten und kleinsten Durchmesser verglich er mit den Durchmessern der Kerr-Feilen in den den oben erwähnten Schnitthöhen entsprechenden Abständen von der Instrumentenspitze. Dabei kam er zu dem Ergebnis, daß der Kanal mindestens noch mit der Größe 3 der Kerr-Feilen bearbeitet werden muß. In vielen Fällen biete jedoch erst die Kerr-Feile der Größe 5 die Gewähr, daß der volle Kanaldurchmesser in den von ihm untersuchten Schnitthöhen erfaßt wird. Seine Untersuchungen beschränkten sich auf obere und untere Prämolaren und Molaren.

Zusammenfassend läßt sich also feststellen, daß die Querschnitte der Wurzelkanäle oberer mittlerer und seitlicher Schneidezähne vorwiegend als rund beschrieben werden, ohne daß detailliertere Angaben im Schrifttum enthalten sind. Lediglich beim seitlichen Incisivus werden Abweichungen mit ovalem Querschnitt des Wurzelkanals vermerkt. Die naheliegende Frage, in welchem Ausmaß diese Wurzelkanäle von den konventionellen Wurzelkanalinstrumenten erfaßt werden können, wurde nur von E. GREEN angedeutet.

Mit den vorliegenden Untersuchungen kann deshalb ein bisher noch unzureichend bearbeitetes Teilgebiet erfaßt werden.

III. VERSUCHSMATERIAL UND METHODIK

A. MATERIAL

Untersucht wurden 130 obere mittlere und 115 obere seitliche Schneidezähne mit abgeschlossenem Wurzelwachstum.
Sie wurden im Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen und in 22 Zahnarztpraxen gesammelt. Die Zähne stammten von Patienten aller Altersgruppen. Genaue Angaben über den Grund der Extraktion, das Alter der Patienten, Vitalitätsproben und ähnliches waren nur in Einzelfällen erhältlich. Auf die Erfassung dieser an und für sich wichtigen Daten mußte schließlich verzichtet werden, um die Bereitwilligkeit der verschiedenen Zahnärzte nicht zu überfordern.
Wir ordneten die Zähne in folgende Gruppen ein:

a) Zähne ohne Karies oder Füllungen
b) Zähne mit Füllungen kleiner bis mittlerer Größe
c) Zähne mit Karies I - III
d) Zähne mit größeren Füllungen oder bis zur Pulpa reichender Karies.

Die folgende Tabelle zeigt, wie sich die Gesamtzahl N der untersuchten 130 mittleren bzw. 115 seitlichen oberen Schneidezähnen auf die einzelnen Gruppen a - d verteilt:

	1 + 1 N = 130	2 + 2 N = 115
Gruppe a	48	33
" b	42	38
" c	30	33
" d	10	11

Tabelle I: Verteilung der untersuchten Zähne auf oben angeführte Gruppen a - d.

Bei der Gruppe d) des vorliegenden Materials konnte die Möglichkeit einer Gangrän der Pulpa nicht ausgeschlossenen werden; Verfärbungen der Kronen waren jedoch noch in keinem Falle sichtbar. Die Gruppe d) umfaßte im übrigen weniger als 10 % der Gesamtzahl der untersuchten Zähne.
Zähne mit noch nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum oder vorausgegangener Wurzelbehandlung waren nicht vertreten.
Bis zu ihrer Verarbeitung wurden die Zähne in 3-prozentiger Formalinlösung aufbewahrt.

B. METHODIK

a) Vermessung der ganzen Zähne

Folgende Messungen wurden mittels einer Schublehre jeweils auf der labialen Seite der Zähne vorgenommen:

1. Gesamtlänge des Zahnes,
2. Länge der Zahnkrone,
3. " " Wurzel,
4. Breite der Zahnkrone.

Die Gesamtlänge interessierte wegen einer Nachprüfung der sogenannten Sicherheitstiefen bei der Wurzelbehandlungstechnik. Als Sicherheitstiefe bezeichnet man die von der Schneidekante eines Zahnes aus meßbare Länge des Wurzelkanals, bis zu welcher man ein Instrument (gezahnte Nadel, Kerr-Räumer) ohne Gefahr einer Verletzung des periapikalen Parodontiums einführen kann, solange man sich noch nicht durch eine Röntgenmeßaufnahme über die Lange des gesamten Zahnes orientieren konnte. Nach Angaben von A. MAYER wurden bisher für mittlere obere Schneidezähne 20 mm, für die seitlichen 18 mm als Sicherheitstiefen angenommen.

Die unter 2., 3. und 4. ermittelten Werte sollten der Untersuchung dienen, ob sich eventuell Zusammenhänge zwischen Kronenlänge und -breite einerseits und der Wurzellänge andererseits finden ließen.
Die Ergebnisse wurden in Tabellen festgehalten.

b) Herstellung der Zahnschnitte

Zur Herstellung der Schnitte wurde ein Gerät entwickelt (siehe Abb. 1), das im wesentlichen aus 3 Hauptteilen bestand:

1. einer Basisplatte,
2. einem Vorschubschlitten mit Halterung für die Zähne,
3. einem schneidenden Teil, bestehend aus Antriebsmotor mit Welle, Handstück und Zirkuliersäge.

Auf die Basisplatte aus starkem Sperrholz wurde ein Holzblock montiert, auf dem mittels einer verschraubten Halterung das Handstück mit der Zirkuliersäge fixiert war. Senkrecht zum Handstück und damit parallel zur Schneideebene der Zirkuliersäge wurden zwei geschliffene Metallschienen auf die Basisplatte montiert, die zur Führung eines Vorschubschlittens dienen. Der Vorschubschlitten (Fa. Köhler, Mainz) besteht in seinen wesentlichen Teilen aus einer Mikrometerspindel, die den Objekttisch mit einer ablesbaren Genauigkeit bis zu 10 µ zu transportieren gestattet. Auf dem Objektträger wurden die einzelnen Zähne, die zuvor auf der labialen Fläche von Krone und Wurzel mit einem Farbstrich zur besseren Orientierung der späteren Schnittstücke markiert worden waren, in Stents fixiert.
Der Vorschubschlitten erlaubte Bewegungen in zwei Richtungen:
Erstens senkrecht auf die Schneide der Zirkuliersäge zu und
zweitens parallel zur Schneideebene der Zirkuliersäge mittels einer Präzisionsschraube, die die Einstellung eines exakten Schnittabstandes von jeweils 2 mm ermöglichte.

Als schneidendes Instrument wurde ein montiertes Zirkuliersägeblatt der Fa. Busch von 0,15 - 0,2 mm Stärke verwendet, das jeweils nach etwa 25 - 30 Schnitten ausgewechselt wurde.

Um ein Heißlaufen und Abweichen des Sägeblattes zu vermeiden, wurde mit hohen Umdrehungen bei möglichst geringem Sägedruck gearbeitet.
Die Schnitte wurden fortlaufend in 2, 4, 6, 8 etc. mm Abstand, vom Apex aus gerechnet, angelegt. Man erhielt so je nach Länge der Wurzel eine unterschiedliche Anzahl von Schnitten. Diese wurden, nachdem Stentsreste vorsichtig entfernt worden waren, entsprechend der Schnittfolge und auf Grund der Farbmarkierungen in richtiger Orientierung, auf Objektträger aufgeklebt.

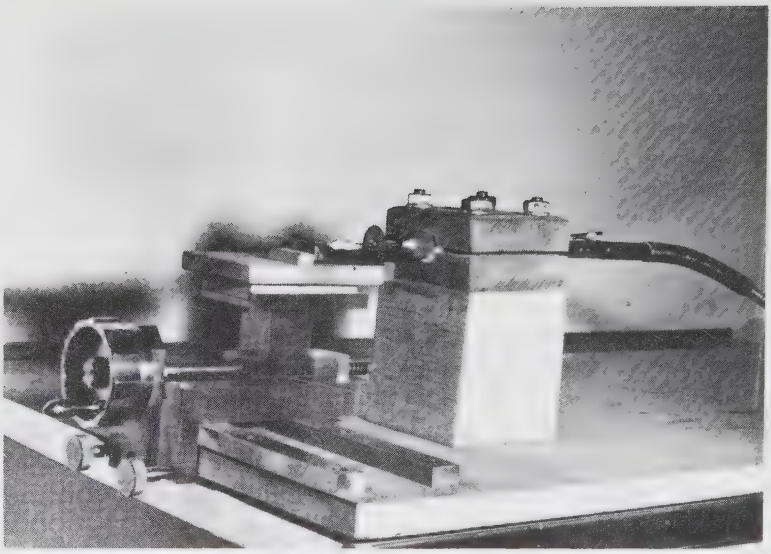

Abb. 1: Gerät zur Herstellung der Schnitte.

Die Schnitte von 10 mittleren und 12 seitlichen oberen Schneidezähnen wurden aussortiert und in der Auswertung nicht berücksichtigt, weil sie infolge einer schrägen Fixierung im Stents oder wegen zu starker Wurzelkrümmungen spätere Meßungenauigkeiten hätten verursachen können.

c) Untersuchung der Form der Wurzelkanalquerschnitte

Aufgrund orientierender Voruntersuchungen wurden 6 verschiedene Querschnittsformen zugrunde gelegt:

Form 1 = rund
" 2 = oval
" 3 = lanzettförmig
" 4 = asymmetrisch
" 5 = halbmond- bis nierenförmig
" 6 = hantel- oder sanduhrförmig.

Die folgenden Abbildungen 2 - 7 zeigen je 1 Beispiel der zugrundegelegten 6 Querschnittsformen. Die Vergrößerung ist jeweils etwa 45fach.

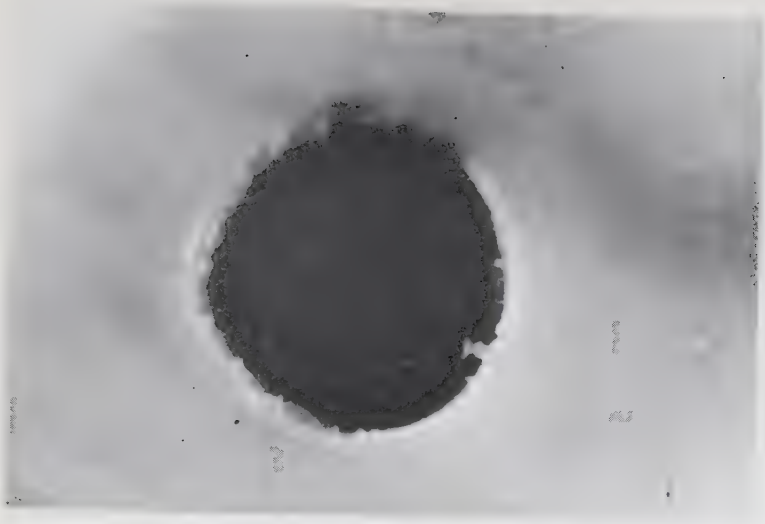

Abb. 2: Form 1 = rund

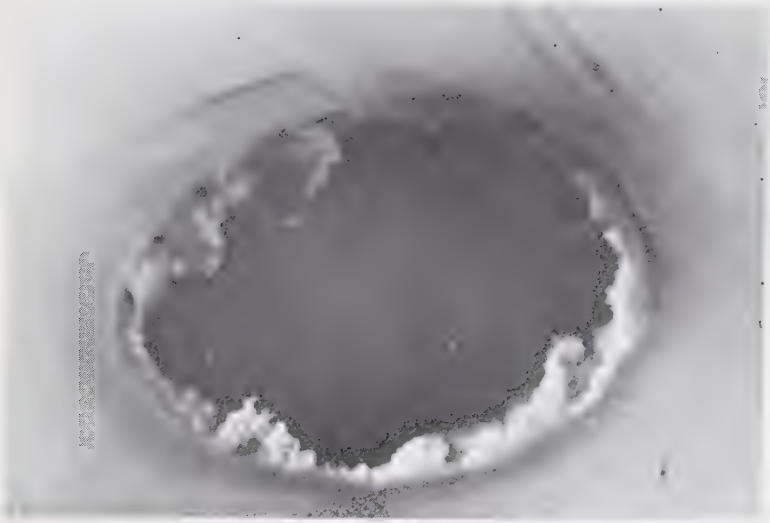

Abb. 3: Form 2 = oval

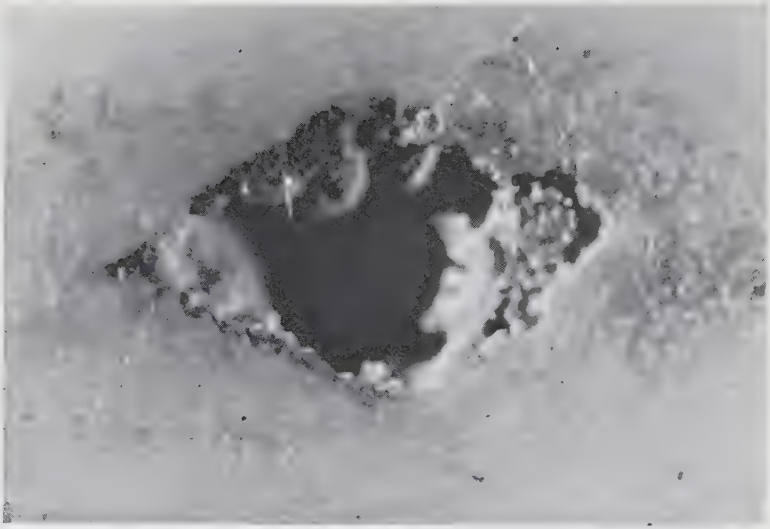

Abb. 4: Form 3 = lanzettförmig

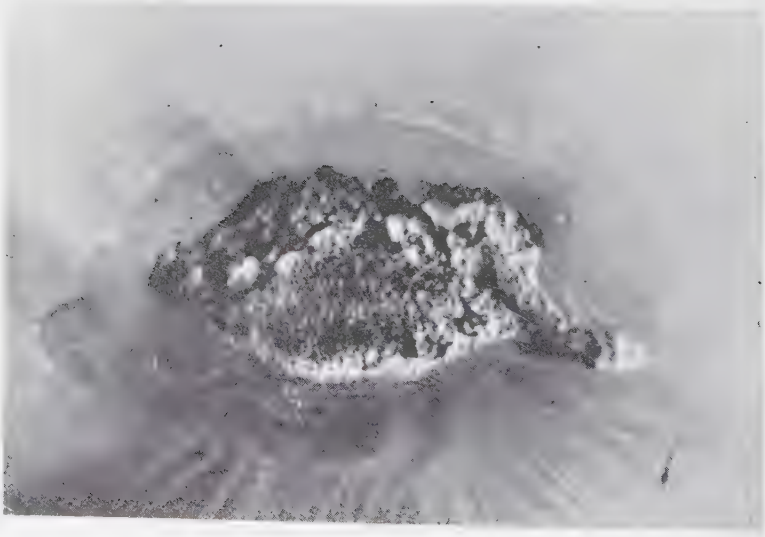

Abb. 5: Form 4 = asymmetrisch

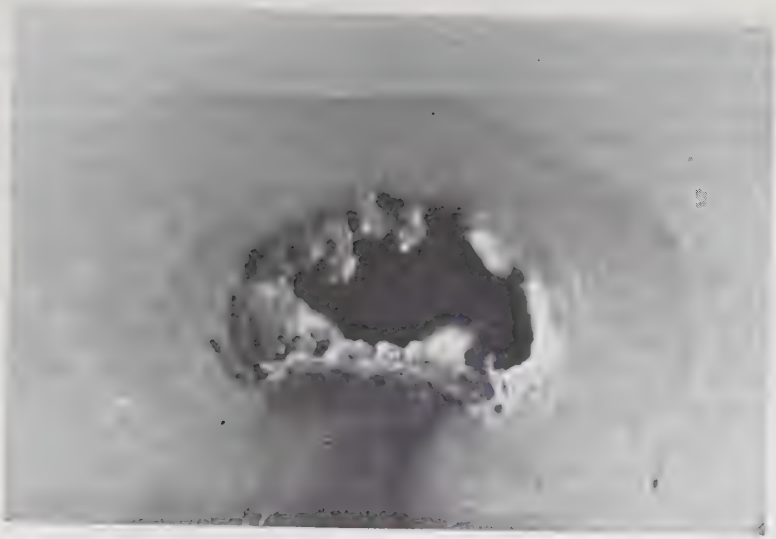

Abb. 6: Form 5 = halbmond- bis nierenformig

Abb. 7: Form 6 = hantel- oder sanduhrförmig

Dazu ist zu bemerken, daß eine rund erscheinende Querschnittsform natürlich nicht im geometrischen Sinne als rund anzusehen ist. Unter die Form 1 wurde ein Querschnittsbild dann eingestuft, wenn es unter der binokularen Lupe rund erschien. Dabei durfte die Differenz zwischen größtem und kleinstem Durchmesser eines Querschnitts höchstens 20 % des größeren der beiden ermittelten Werte ausmachen.

d) Vermessung der Wurzelkanalquerschnitte

Zur Vermessung wurde eine mit einem Meßokular ausgerüstete binokulare Lupe der Fa. Leitz, Wetzlar, verwendet. Gemessen wurden der größte und kleinste Durchmesser jedes Wurzelkanalquerschnitts in sämtlichen Schnitthöhen; außerdem wurde die Richtung dieser Durchmesser aufgezeichnet.
Das Protokoll sämtlicher Meßwerte befindet sich als Anhang im Originalmanuskript dieser Abhandlung. Wegen des Umfanges dieser Tabellen muß auf eine Wiedergabe im Rahmen der vervielfältigten Arbeit verzichtet werden.

IV. ERGEBNISSE

An Wurzelquerschnitten mittlerer und seitlicher oberer Schneidezähne sollte ermittelt werden, welchen Grundformen der Kanäle wir in den einzelnen Querschnittshohen von 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 und 16 mm, vom Apex aus gerechnet, begegnen. Aufschluß hierüber geben die Tabellen 2 und 3.

1+1	N	Form 1		Form 2		Form 3		Form 4		Form 5		Form 6	
		A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Schnitt I	119	76	64	27	23	-	-	16	13	-	-	-	-
" II	12o	75	63	25	21	1	o,8	19	16	-	-	-	-
" III	12o	72	6o	3o	25	2	1,6	15	13	1	o,8	-	-
" IV	118	73	62	29	25	-	-	15	13	1	o,9	-	-
" V	115	52	45	28	24	1	o,9	27	23	6	5	1	o,9
" VI	8o	24	3o	14	18	-	-	31	39	1o	13	1	1,3
" VII	31	4	13	5	16	-	-	21	68	1	3	-	-
" VIII	7	1	14	-	-	-	-	4	57	2	29	-	-

Tabelle 2: Anzahl und Prozentsatz der Grundformen 1 - 6 der Kanäle in den einzelnen Querschnittshöhen bei 1+1.

Erläuterungen zu Tab. 2 u. 3:

N = Gesamtzahl der in der entsprechenden Schnitthöhe untersuchten Querschnitte.

A = Anzahl Querschnittsbilder der betreffenden Form.

Form 1 = rund
" 2 = oval
" 3 = lanzettförmig
" 4 = asymmetrisch
Form 5 = halbmond- bis nierenförmig
Form 6 = sanduhr- oder hantelförmig

Aus Tabelle 2 geht hervor, daß in den Schnitthöhen I - IV bei den mittleren oberen Schneidezähnen die runde Form mit über 60 % am stärksten vertreten ist. Eine deutliche Abnahme der Anzahl der runden Querschnitte ist ab Schnitt V, also koronalwärts, festzustellen; gleichzeitig steigt die Anzahl der asymmetrischen Querschnittsbilder von diesem Schnitt ab stark an.

2+2	N	Form 1		Form 2		Form 3		Form 4		Form 5		Form 6	
		A	%	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
Schnitt I	103	17	17	56	54	2	2	15	15	13	13	-	-
" II	103	33	32	57	55	-	-	6	6	4	4	3	3
" III	103	35	34	52	50	1	1	8	8	3	3	4	4
" IV	102	43	42	39	38	1	1	9	9	7	7	3	3
" V	98	43	44	25	26	2	2	26	27	2	2	-	-
" VI	81	19	23	21	26	4	5	33	41	4	5	-	-
" VII	32	6	19	6	19	-	-	18	56	2	6	-	-
" VIII	9	2	22	2	22	-	-	4	44	1	11	-	-

Tabelle 3: Anzahl und Prozentsatz der Grundformen 1-6 der Kanäle in den einzelnen Querschnittshöhen bei 2+2.

Tabelle 3 zeigt, daß sich die Wurzelkanalquerschnittsbilder seitlicher oberer Schneidezähne in ihrer Verteilung auf die Formen 1 und 2 erheblich von den entsprechenden, bei mittleren oberen Schneidezähnen gefundenen Ergebnissen (Tabelle 2) unterscheiden. In den Schnitthöhen I - III überwiegt mit 50 - 54 % deutlich die Anzahl der ovalen Formen. Die runde Form überwiegt merklich nur im Schnitt V. Wiederum steigt die Anzahl der asymmetrischen Querschnittsbilder ab Schnitt V, also koronalwärts, stark an, während die Formen 1 und 2 von hier aus anzahlmäßig stark zurückgehen.

Einen zusammenfassenden Überblick über die Ergebnisse der Vermessung der Wurzelkanaldurchmesser mittlerer und seitlicher oberer Schneidezähne in den einzelnen Schnitthöhen I - VIII geben die Tabellen 4 und 5.

Darin sind absolut kleinster und größter gefundener Kanaldurchmesser jeder Schnitthöhe, sowie der jeweilige Mittelwert aller in der betreffenden Schnitthöhe gemessenen Werte festgehalten.

1 + 1	kleinster Ø in mm	größter Ø in mm	Mittelwert in mm
Schnitt I	0,09	1,32	0,51
" II	0,19	1,51	0,63
" III	0,15	1,55	0,77
" IV	0,21	1,58	0,90
" V	0,35	1,94	1,10
" VI	0,28	2,45	1,19
" VII	0,25	2,26	1,30
" VIII	0,34	2,30	1,31

Tabelle 4: Größter, kleinster und mittlerer Durchmesser der untersuchten Wurzelkanäle von 1 + 1 in den Schnitthöhen I - VIII, gemessen in mm.

2 + 2	kleinster Ø in mm	größter Ø in mm	Mittelwert in mm
Schnitt I	0,17	1,51	0,45
" II	0,23	1,32	0,54
" III	0,19	1,60	0,66
" IV	0,19	1,88	0,77
" V	0,25	2,15	0,92
" VI	0,15	2,04	1,01
" VII	0,23	1,92	1,16
" VIII	0,57	1,94	1,33

Tabelle 5: Größter, kleinster und mittlerer Durchmesser der untersuchten Wurzelkanäle von 2 + 2 in den Schnitthöhen I - VIII, gemessen in mm.

Nun sollte durch die Ermittlung der größten Wurzelkanaldurchmesser aller untersuchten Zähne in den Schnitthöhen I - VIII und deren Vergleich mit den Durchmessern der Nervkanalbohrer (Kerr-Räumer) der Größen 6 - 12 in den entsprechenden Höhen geprüft werden, in wieweit die größten Durchmesser der Wurzelkanäle durch diese Instrumente überhaupt erfaßt werden.

Über die Größenverhältnisse bei den mittleren oberen Schneidezähnen gibt die Tabelle 6 Auskunft. Aus dieser geht hervor, daß z.B. in 2 mm Entfernung vom Apex nur 16 % der untersuchten 119 Querschnitte vom Nervkanalbohrer der Größe 6 voll erfaßt werden. Bei Größe 9 wären es erst 65, bei Größe 11 über 92 und bei Größe 12 schließlich über 97 Prozent. Dieselbe Betrachtung ergibt bei einer Schnitthöhe von 4 mm vom Apex einen Anstieg von 8 über 38 und 70 auf 83 Prozent.
In einer Schnitthöhe von 8 mm werden selbst vom Nervkanalbohrer der Größe 12 nur etwa 50 % der untersuchten Querschnitte voll erfaßt.

	NKB 6		NKB 7		NKB 8		NKB 9		NKB 10		NKB 11		NKB 12	
	N	BØ mm	A	BØ mm	A	BØ mm	A	BØ mm	A	BØ mm	A	BØ mm	A	BØ mm	A
Schnitt I	119	0,42	19	0,47	36	0,52	46	0,57	77	0,62	92	0,72	110	0,82	116
" II	120	0,46	10	0,51	18	0,56	29	0,61	46	0,66	61	0,76	84	0,86	103
" III	120	0,50	5	0,55	9	0,60	15	0,65	19	0,70	29	0,80	48	0,90	74
" IV	118	0,54	2	0,59	5	0,64	7	0,69	9	0,74	16	0,84	33	0,94	58
" V	115	0,58	1	0,63	1	0,68	3	0,73	4	0,78	5	0,88	11	0,98	31
" VI	61	0,62	3	0,67	4	0,72	4	0,77	5	0,82	6	0,92	7	1,02	11
" VII	31	0,66	-	0,71	-	0,76	1	0,81	1	0,86	1	0,96	1	1,06	2
" VIII	7	0,70	-	0,75	1	0,80	1	0,85	1	0,90	1	1,00	1	1,10	2

Tabelle 6: Ermittlung der Anzahl Zähne 1 + 1, deren größter Wurzelkanaldurchmesser in den einzelnen Schnitthöhen I - VIII von den Nervkanalbohrern 6 - 12 voll erfaßt wird.

Erläuterungen zu Tab. 6 u. 7:

NKB 6 - 12 = Nervkanalbohrer der Größen 6 - 12.

N = Gesamtzahl der in der entsprechenden Schnitthöhe untersuchten Querschnitte.

BØ = Durchmesser des betreffenden Nervkanalbohrers in der entsprechenden Schnitthöhe.

A = Anzahl der Zähne, deren Wurzelkanalquerschnitt in der entsprechenden Schnitthöhe durch einen Nervkanalbohrer bestimmter Größe voll erfaßt wird.

Diese Abmessungen gelten für die SCALA-Instrumente 997a und 97a der Fa. ANTAEOS, München, der wir für die freundliche Überlassung der technischen Daten zu Dank verpflichtet sind.

Tabelle 7 gibt Auskunft über die Größenverhältnisse der Wurzelkanaldurchmesser zu den Durchmessern der Nervkanalbohrer bei seitlichen oberen Schneidezähnen. Wiederum wurden die größten Kanaldurchmesser in den Schnitthöhen I - VIII ermittelt und mit den Durchmessern der Nervkanalbohrer der Größen 6 - 12 in den den Schnitthöhen entsprechenden Abständen von 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, und 16 mm von der Instrumentenspitze aus gerechnet, verglichen. Die Ergebnisse weichen nicht sonderlich von den für mittlere obere Schneidezähne ermittelten Werten ab (siehe Tab. 6).

	NKB 6		NKB 7		NKB 8		NKB 9		NKB 1o		NKB 11		NKB 12	
	N	Bø A mm	Bø A mm		Bø A mm		Bø A mm		Bø A mm		Bø A mm		Bø A mm	
Schnitt I	1o3	o,42	17	o,47	37	o,52	46	o,57	7o	o,62	79	o,72	88	o,82	95
" II	1o3	o,46	22	o,51	25	o,56	33	o,61	45	o,66	6o	o,76	77	o,86	89
" III	1o3	o,5o	1o	o,55	16	o,6o	25	o,65	29	o,7o	42	o,8o	6o	o,9o	71
" IV	1o2	o,54	5	o,59	8	o,64	16	o,69	2o	o,74	28	o,84	47	o,94	71
" V	98	o,58	6	o,63	7	o,68	1o	o,73	14	o,78	21	o,88	34	o,98	49
" VI	81	o,62	6	o,67	7	o,72	8	o,77	9	o,82	1o	o,92	19	1,o2	25
" VII	32	o,66	2	o,71	2	o,76	2	o,81	2	o,86	2	o,96	2	1,o6	4
" VIII	9	o,7o	-	o,75	-	o,8o	-	o,85	-	o,9o	-	1,oo	-	1,1o	1

Tabelle 7: Ermittlung der Anzahl Zähne 2 + 2, deren größter Wurzelkanaldurchmesser in den einzelnen Schnitthöhen I - VIII von den Nervkanalbohrern 6 - 12 voll erfaßt wird.

Über die Anzahl A und den Prozentsatz der mittleren und seitlichen oberen Schneidezähne, deren Wurzelkanaldurchmesser im Abstand 2 mm vom Apex von den Querschnittsbohrern I - IV nicht voll erfaßt wird, berichtet die Tabelle 8.

	1 + 1 N = 119		2 + 2 N = 103	
	A	%	A	%
Von Q I nicht voll erfaßt :	96	81	72	70
" Q II " " " :	34	28,5	28	27
" Q III " " " :	10	8	15	14,5
" Q IV " " " :	3	2,5	7	7

Tabelle 8: Anzahl und Prozentsatz der von den Querschnittsbohrern I - IV nicht voll erfaßten Wurzelkanaldurchmesser von 1 + 1 und 2 + 2.

Erläuterungen zu Tab. 8:

N = Gesamtzahl der untersuchten Zähne.

Durchmesser des Querschnittsbohrers	Q I = 0,45 mm
" " "	Q II = 0,58 mm
" " "	Q III = 0,72 mm
" " "	Q IV = 0,85 mm

Diese Maße gelten wiederum für die SCALA-Instrumente der Fa. ANTAEOS, München.

Tabelle 9 gibt Auskunft über die Gültigkeit der angenommenen Sicherheitstiefen für das Einbringen von Kanalinstrumenten bei der Wurzelbehandlung. Die Tabelle erfaßt mittlere und seitliche obere Schneidezähne. Sie zeigt, daß bei ersteren, setzt man eine Sicherheitstiefe von 20 mm voraus, in etwa 30 % der untersuchten Zähne das Wurzelkanalinstrument die 2 mm-Grenze vor der Wurzelspitze überschreitet, während die Richtigkeit der für die seitlichen oberen Schneidezähne geltenden Sicherheitstiefe von 18 mm durch unsere Untersuchungen bestätigt wurde.

		1 + 1 Si-Tiefe: 20 mm		1 + 1 Si-Tiefe: 18 mm			2 + 2 Si-Tiefe: 18 mm	
	N	A	%	A	%	N	A	%
Vordringen des Instruments bis max. 2 mm vor Wurzelspitze:	112	78	70	101	90	102	97	95
Vordringen des Instruments bis max. 1 mm vor Wurzelspitze:	112	97	87	108	96	102	100	98

Tabelle 9: Anzahl und Prozentsatz der untersuchten Zähne 1 + 1 und 2 + 2, für die die üblichen Sicherheitstiefen Gültigkeit haben.

Erläuterungen zu Tab. 9:

N = Gesamtzahl der untersuchten Zähne.

A = Anzahl der Zähne, in deren Wurzelkanal das Instrument bei einer bestimmten Sicherheitstiefe nicht über die maximale Grenze von 2 bzw. 1 mm vor der Wurzelspitze vordringt.

Irgendwelche Anhaltspunkte für eine Beziehung der Kronenlänge oder -breite zur Wurzellänge wurden bei den untersuchten mittleren und seitlichen oberen Schneidezähnen nicht gefunden.

V. DISKUSSION DER ERGEBNISSE UND KRITISCHE BEWERTUNG FÜR DIE PRAXIS

Die vorliegenden Untersuchungen ergaben zunächst, daß bei mittleren oberen Schneidezähnen der Wurzelkanalquerschnitt in über 60 % der untersuchten Fälle bis in eine Höhe von 8 mm vor dem Apex rund ist. Bis zur selben Meßhöhe ergibt sich für die ovalen Formen ein Anteil von 21 - 25 Prozent der untersuchten Zähne. Beide Formen können für eine einwandfreie Kanalaufbereitung bei der Wurzelbehandlung als günstig bezeichnet werden, so daß die anatomischen Voraussetzungen, von dieser Seite aus betrachtet, für die Behandlung der apexnahen Wurzelhälfte erfolgversprechend sind. Das Vorkommen der asymmetrischen Formen im apexnahen Bereich könnte auf abgehende Ramifikationen oder Divertikel zurückzuführen sein.
Die Verteilung der einzelnen Formen in den Schnitten V - VIII läßt weniger Rückschlüsse auf das Gesamtbild zu, da in diesen Schnitthöhen wegen der unterschiedlichen Wurzellängen in wachsender Anzahl Kronenpulpenkaven getroffen sein können. Damit läßt sich sicherlich zumindest teilweise auch der steigende Prozentsatz an asymmetrischen Formen erklären. Die Anteile der Formen 3 und 6, also lanzett- und hantelförmiger Querschnitte, fallen bei den mittleren oberen Schneidezähnen kaum ins Gewicht.
Insgesamt gesehen kann auf Grund unserer Untersuchungen für das Querschnittsbild des Wurzelkanals mittlerer oberer Schneidezähne keine allgemein gültige Grundform angegeben werden. Selbst wenn der Anteil runder Querschnittsformen in der apexnahen Wurzelhälfte 60 % aller untersuchten Querschnitte beträgt, so läßt sich damit die Meinung von BOLK (4), MÜNCH (18), MÜLLER (16) und DE JONGE (12), die generell eine rundliche Form annehmen, noch nicht untermauern. Ebenso wurde die Feststellung WHEELERs (23), der auf ein rundes bis halbmondförmiges Querschnittsbild hinwies, durch unsere Untersuchungen nicht unterstützt.

Für die seitlichen oberen Schneidezähne ergab sich bei den ersten drei Schnitten, also bis zu einer Höhe von 6 mm vor dem Apex, ein deutliches Überwiegen der ovalen Querschnittsbilder mit 50 - 55 Prozent der Gesamtzahl der untersuchten Schnitte.
Die runde Form erscheint in diesen Schnitthöhen mit 17 - 34 Prozent. Stellt man weiterhin fest, daß die Schnitthohe IV einen Anteil der runden Formen von über 40 % und den der ovalen Formen von annähernd 40 % bringt, so imponiert die apexnahe Wurzelhälfte der seitlichen oberen Schneidezähne eben-

falls mit einem Anteil von etwa 85 % der für die Aufbereitung günstigen Formen 1 und 2, also der runden und ovalen Formen.
Die Formen 3 (lanzettförmig), 4 (asymmetrisch) und 6 (hantelförmig) weichen in ihren Anteilen nicht wesentlich von den entsprechenden Ergebnissen bei mittleren oberen Schneidezähnen ab.
Auffallend ist lediglich noch eine stärkere Zunahme der Form 5 (halbmond- bis nierenförmig).
Die Meinung D. GREENs (7), der in der Querschnittsform seitlicher oberer Schneidezähne ein verkleinertes Bild der Querschnittsform des Wurzelkanals mittlerer oberer Schneidezähne sah, wurde also durch unsere Untersuchungen nicht unterstutzt. Ebenso konnen die Feststellungen von MÜNCH (18), MÜLLER (16), BOLK (4) und DE JONGE (12), die auch fur diese Querschnitte eine runde Form angeben, durch die vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt werden.

Die Untersuchung über die Aufbereitbarkeit der Wurzelkanäle bringt für mittlere und seitliche obere Schneidezahne im wesentlichen dasselbe Ergebnis. Es zeigt sich, daß der Wurzelkanalquerschnitt in 2 und 4 mm Entfernung vom Apex erst durch die Nervkanalbohrer (Scala) der Größen 11 und 12 mit genügender Sicherheit voll aufbereitet wird. Diese Erkenntnis ist vor allem deshalb wichtig, weil in diesen Abschnitten ein ausreichender Aufbereitungseffekt mit einer Feile oder Raspel ohne Verletzung des periapikalen Gewebes nicht moglich ist. Sie besagt jedoch nicht, daß fortan auf die kleineren Großen der Nervkanalbohrer überhaupt verzichtet werden kann; diese sind vielmehr als "Wegbereiter" für die größeren Instrumente erforderlich.
In Anbetracht der Untersuchungsergebnisse von Schnitt III bis VIII zeigt sich, daß selbst nach Verwendung der Nervkanalbohrergrößen 11 und 12 in diesen Abschnitten nachtraglich noch gefeilt werden muß, wie es der klassischen Aufbereitung des Wurzelkanals entspricht.

Vergleiche der Durchmesser der Querschnittsbohrer mit den Wurzelknaldurchmessern von mittleren und seitlichen oberen Schneidezähnen im Abstand 2 mm vom Apex erbringen folgendes Ergebnis:
Eine Erfassung des gesamten Kanaldurchmessers sowohl bei mittleren als auch bei seitlichen oberen Schneidezähnen und somit auch eine ausreichende Aufbereitung des Kanalquerschnitts und Verbolzung des verbleibenden Kanalendes ist mit genügender Sicherheit erst durch die Querschnittsbohrer der Größen 3 und 4 gewährleistet.
Wird mit dem Querschnittsbohrer der Große 3 gearbeitet, so sollte zuvor bis

zum Nervkanalbohrer der Größe 11 aufbereitet werden. Letzterer bereitet im Abstand 4 mm vom Apex bis zu einer Weite von 0,72 mm auf und da der Durchmesser des Querschnittsbohrers der Größe 3 ebenfalls 0,72 mm beträgt, ist der geforderte Wandkontakt dieses Instruments 2 mm vor der geplanten Stufe und damit 4 mm vor dem Apex gewährleistet.
Beim Bearbeiten des Kanals mit dem Querschnittsbohrer der Größe 4 muß zuvor mit dem Nervkanalbohrer der Größe 12 aufbereitet werden. Dabei erhält der Querschnittsbohrer bereits 5 mm vor der Wurzelspitze Wandkontakt.

Schließlich wurde festgestellt, daß bei seitlichen oberen Schneidezähnen die für das Einbringen von Wurzelkanalinstrumenten angenommene Sicherheitstiefe von 18 mm in 95 % der untersuchten Zähne stimmte.
Bei 30 % der untersuchten mittleren oberen Schneidezähne mußte bei einer Sicherheitstiefe von 20 mm die Grenze von 2 mm vor der Wurzelspitze überschritten werden. Würde man für diese Zähne eine Sicherheitstiefe von nur 18 mm wählen, so läge der Prozentsatz der nicht über eine Grenze von 2 mm vor der Wurzelspitze hinausgehenden Instrumente bei 10. Eine Grenze von 1 mm würde hierbei nur in 4 % der vorliegenden Fälle überschritten. Die von BLACK (3), MÜHLREITER (17), ADLOFF (1) und DE JONGE (12) angegebenen Abmessungen der gesamten Zahnlänge mittlerer und seitlicher oberer Schneidezähne konnten in unserer Auswertung nicht zum Vergleich herangezogen werden, da es sich bei deren Angaben um Mittelwerte handelte.

Insgesamt gesehen zeigen unsere Ergebnisse, daß die augenblicklich von der Dentalindustrie hergestellten Wurzelkanalinstrumente vom Typ Scala für die Aufbereitung der Wurzelkanäle mittlerer und seitlicher oberer Schneidezähne durchaus genügen.
Für den Zahnarzt ergibt sich aber die Notwendigkeit, bei der Wurzelbehandlung dieser Zähne wenn irgend möglich bis zur Größe 11 oder 12 der Nervkanalbohrer, bzw. bis zur Größe 3 oder 4 der Querschnittsbohrer aufzubereiten. Selbst dann erübrigt sich aber zumindest in der kronennahen Wurzelkanalhälfte eine weitere Aufbereitung mit Feilen oder Raspeln noch nicht.
Als Sicherheitstiefe für das Einbringen der Kanalinstrumente bei mittleren oberen Schneidezähnen sollten, wie bei den seitlichen oberen Schneidezähnen, 18 mm angenommen werden, bevor die tatsächliche Länge des Wurzelkanals mit Hilfe einer Röntgenaufnahme mit eingelegtem Wurzelkanalinstrument gemessen wird.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

120 mittlere und 103 seitliche obere Schneidezähne wurden fortlaufend im Abstand 2, 4, 6, etc. mm von der Wurzelspitze quer durchschnitten.
Dadurch wollten wir feststellen, welchen Kanalquerschnittsformen man in den einzelnen Schnitthöhen begegnet. Wir fanden bei den mittleren oberen Schneidezähnen 60 % nahezu runde und etwa 25 % ovale Formen; bei den seitlichen oberen Schneidezähnen war die Hälfte der untersuchten Querschnittsformen oval und etwa 1/4 rund. In Kronennähe nahm hier die Anzahl der runden Querschnittsformen zu und die der ovalen ab. Die für eine Kanalaufbereitung günstigen runden und ovalen Querschnittsformen waren also bei etwa 80 % beider untersuchter Zahngruppen anzutreffen.
Weiterhin wurden sämtliche Querschnitte vermessen. Durch den Vergleich der ermittelten Kanaldurchmesser mit den Durchmessern der Nervkanalbohrer vom Typ Scala 1 - 12 in den den Schnitthöhen entsprechenden Abständen von der Instrumentenspitze wurde ermittelt, welche Instrumentengröße die Gewähr einer vollständigen Erfassung des Kanaldurchmessers bietet. Die Untersuchungen zeigten, daß dies in Apexnähe erst durch die Größen 11 und 12 der Fall ist. In Kronennähe läßt sich auch nach Anwendung dieser Instrumentengroßen eine Bearbeitung der Kanalwand mit Feilen oder Raspeln nicht umgehen. Diese Ergebnisse gelten für beide untersuchten Zahngruppen.
Außerdem wurden die ermittelten Kanaldurchmesser im Abstand 2 mm vom Apex mit den Durchmessern der bei der Querschnittsmeßtechnik nach MAYER verwendeten Querschnittsbohrer 1 - 4 verglichen. Dabei ergab sich, daß auch hier nur mit den beiden größten Bohrern (Größe 3 u. 4) mit ausreichender Sicherheit das bei dieser Methode erstrebte Aufbereitungsziel erreicht werden kann.

Schließlich wurde die Gesamtlänge von 112 mittleren und 102 seitlichen oberen Schneidezähnen gemessen. Dabei stellten wir fest, daß die für die Querschnittsmeßtechnik nach MAYER angenommene "Sicherheitstiefe" für das Einbringen der Aufbereitungsinstrumente bei mittleren oberen Schneidezähnen von 20 mm auf 18 mm herabgesetzt und bei seitlichen oberen Schneidezähnen bei 18 mm belassen werden sollte.

Ich möchte mir erlauben, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Adolf Kröncke für die Überlassung des Themas und für seine wertvolle Anleitung zu dieser Arbeit recht herzlich zu danken.

VII. SCHRIFTTUM

1. ADLOFF, P.: Über das Durchsichtigmachen von Zähnen und unsere Wurzelfüllungsmethoden. Dtsch. Mschr. Zahnhlk. 6, (1913)

2. BARTHE, R.: Die Regio ramifikatoria oberer einwurzliger Zähne. Schweiz. Mschr. Zahnhlk. 70, 401 (1960)

3. BLACK, G.V.: Descriptive anatomy of the human teeth. 4. Aufl. Philadelphia 1897 S.S. White Dental Manufact. (S. 16, S. 108, S. 111)

4. BOLK, L.: Die Ontogenie der Primatenzähne. Jena 1913, Gustav Fischer (S. 366)

5. FISCHER, G.: Bau und Entwicklung der Mundhöhle des Menschen. Leipzig 1909, Dr. Werner Klinkhardt (S. 89, S. 94)

6. FISCHER, G.: Über die feinere Anatomie der Wurzelkanäle menschlicher Zähne. Dtsch. Mschr. Zahnhlk. 25, 544 (1907)

7. GREEN, D.: Morphology of the pulp cavity of the permanent teeth. Or. Surg., Or. Med., Or. Path. 8, 743 (1955)

8. GREEN, D.: A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. Or. Surg., Or. Med., Or. Path. 9, 1224 (1956)

9. GREEN, E.: Microscopic investigation of root canal diameters. J. Amer. Dent. Assoc. 57, 636 (1958)

10. HATTYASY, D.: Wurzelbehandlung und Herderkrankung. Leipzig 1944, J. A. Barth (S. 66)

11. HESS, W.: Zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses. Schweiz. Vjschr. Zahnhlk. 27, 1 (1917)

12. JONGE, TH.E. DE: Anatomie der Zähne. In: Häupl-Meyer-Schuchardt: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1. Band (S. 186 - 190) München - Berlin 1958, Urban und Schwarzenberg.

13. KUTTLER, Y.: Microscopic investigation of root apexes. J. Amer. Dent. Assoc. 50, 544 (1955)

14. MAYER, A.: Die Technik der Exstirpation und der Kanalaufbereitung. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 22, 1424 (1949)

15. MEYER, W. und SCHEELE, E.: Die Anatomie der Wurzelkanäle der oberen Frontzähne. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 10, 1041 (1955)

16. MUELLER, A.H.: Anatomy of the root canals of the incisors, cuspids and bicuspids of the permanent teeth. J. Amer. Dent. Assoc. 20, 1361 (1933)

17. MUEHLREITER, E.: Die Anatomie des menschlichen Gebisses. Leipzig 1891 , Arth. Felix.

18. MUENCH, J.: Pulpa- und Wurzelbehandlung. Leipzig 1937, Hermann Meusser.

19. MUMMERY, J.H.: The microscopic and general anatomy of the teeth. (S. 379) 2. Aufl. Oxford 1924, Humphrey Milford.

20. PREISWERK, G.: Lehrbuch der Zahnheilkunde. 2. Aufl. (S. 40) München 1908 J.F. Lehmann.

21. TZOUMARIS, J.: Untersuchungen über die Variabilität des Wurzelkanalsystems unterer Prämolaren. Med. Diss. Tübingen 1963.

22. WALKHOFF - HESS: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. 6. Aufl. Leipzig 1960, J.A. Barth (S. 186)

23. WHEELER, R.C.: A textbook of dental anatomy and physiology. 2. Aufl. Philadelphia-London 1950, W.B. Saunders (S. 133, S. 281)

Lebenslauf

Am 31. 8. 1937 wurde ich, Werner Bühlen, als Sohn des Kaufmanns [illegible] und dessen Ehefrau Erna geb. Konzelmann in Gersthofen bei Augsburg geboren.

Von 1943 bis 1947 besuchte ich die Grundschule - anfangs in Gersthofen, später in Göppingen. 1947 trat ich in das Hohenstaufen-Gymnasium Göppingen ein und legte dort 1957 die Reifeprüfung ab.

Im Frühjahr 1957 begann ich in München das Studium der Philologie, wechselte jedoch im Frühjahr 1958 zum Studium der Zahnheilkunde - zunächst an der Universität Tübingen, später an den Universitäten Berlin und Kiel - über.

Nachdem ich im Frühjahr 1962 meine Zahnärztliche Vorprüfung an der Universität Kiel bestanden hatte, kehrte ich wieder nach Tübingen zurück. Hier habe ich im Herbst 1964 mein Staatsexamen abgelegt.